

Citation 4 **MULTI-TOOL POSITIONING SYSTEM**

PCT Japanese Patent Appln. Opened No. 510 740 / 99

Patent number: JP11510740T

Publication date: 1999-09-21

Inventor: Electro Scientific Industries, Inc

Applicant:

Classification:

- international:

G05B19/39; H05K3/00; G05B19/19; H05K3/00; (IPC1-7): B23K26/02; G05D3/12

- european: G05B19/39; H05K3/00K3L4C

Application number: JP19970532662T **19970304**

Priority number(s): WO1997US03385 19970304; US19960615049
19960312; US19960728619 19961010

Also published as:



WO9734206 (A)



EP0886810 (A1)



EP0886810 (B1)



CA2247404 (C)

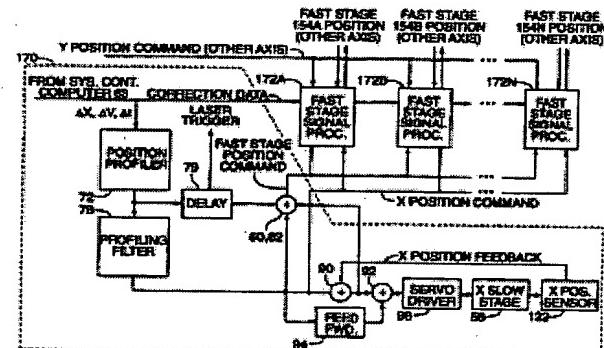
PCT/US97/03385

Report a data error here

Abstract not available for JP11510740T

Abstract of corresponding document: WO9734206

A multi-rate, multi-head positioner (150) receives and processes unpanelized positioning commands to actuate slow stages (56, 58) and multiple fast stages (154) that are mounted on one of the slow stages to simultaneously position multiple tools (156) relative to target locations (162) on multiple associated workpieces (152). Each of the fast stages is coupled to a fast stage signal processor (172) that provides corrected position data to each fast stage positioner to compensate for fast stage nonlinearities and workpiece placement, offset, rotation, and dimensional variations among the multiple workpieces. When cutting blind via holes in etched circuit boards (ECBs), improved throughput and process yield are achieved by making half of the tools ultraviolet ("UV") lasers, which readily cut conductor and dielectric layers, and making the other half of the tools are infrared ("IR") lasers, which readily cut only dielectric layers. The UV lasers are controlled to cut an upper conductor layer and a portion of an underlying dielectric layer, and the IR lasers are controlled to cut the remaining dielectric layer without cutting through or damaging a second underlying conductor layer. The throughput is increased by cutting conductor layers in unprocessed ECBs while concurrently cutting dielectric layers in ECBs that have already had their conductor layer cut. The process yield is increased by performing a workpiece calibration prior to each cutting step to account for any ECB placement, offset, rotation, and dimensional variations.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Citation 4

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-510740

(43) 公表日 平成11年(1999)9月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 23 K 26/02

B 23 K 26/02

A

G 05 D 3/12

3 0 5

G 05 D 3/12

3 0 5 E

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願平9-532662
(86) (22) 出願日	平成9年(1997)3月4日
(85) 翻訳文提出日	平成10年(1998)9月14日
(86) 国際出願番号	PCT/US97/03385
(87) 国際公開番号	WO97/34206
(87) 国際公開日	平成9年(1997)9月18日
(31) 優先権主張番号	08/615,049
(32) 優先日	1996年3月12日
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	08/728,619
(32) 優先日	1996年10月10日
(33) 優先権主張国	米国(US)

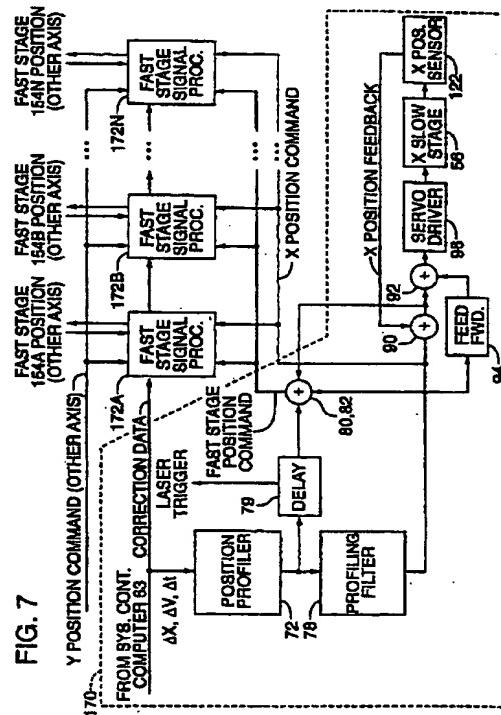
(71) 出願人	エレクトロ サイエンティフィック イン ダストリーズ インコーポレイテッド アメリカ合衆国 オレゴン州 97229 ポ ートランド ノースウエスト サイエンス パーク ドライブ 13900
(72) 発明者	カトラー ドナルド アール アメリカ合衆国 オレゴン州 97229 ポ ートランド エヌダブリュー マクダニエル ロード 11500
(74) 代理人	弁理士 杉村 晓秀 (外5名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重ツール位置決めシステム

(57) 【要約】

多速度多重ヘッド位置決め装置(150)はパネル化されていない位置決め命令を受けて処理し、低速段(56、58)および多重高速段(154)を作動させる。これら段は低速段の一方に装着されて多重関連加工片(152)の目標位置(162)に対して多重ツール(156)を同時に位置決めする。高速段の各々は高速段信号処理装置(172)に結合されて多重加工片間の高速段非直線性および加工片変位、オフセット、回転および寸法変化を補償する。エッチングされた回路板(ABC)にめくらビアホールを切削する際、ツールの半部に紫外線レーザ(UV)を当て且つツールの他の半部に赤外線(IR)を当てることによってスループットおよび処理収率を改善することができる。UVレーザを制御することによって上側半導体層および下側誘電体層の位置部を切削すると共にIRレーザを制御することによって第2半導体層を切削または損傷することなく残りの誘電体層を切削する。



【特許請求の範囲】

1. データベースから受けた1組の位置決め命令に応答して、多重関連加工片に1組の目標位置に対して多重ツールを同時に位置決めする装置において：前記多重ツールおよび前記多重関連加工片間の大きな距離の相対移動を行う低速位置決め段と；前記多重ツールおよび前記多重関連加工片間の小さな距離の相対移動を行う多重高速位置決め段と；1組の位置決め命令から低速および高速移動制御信号を取出す位置決め信号プロセッサと；前記高速移動制御信号に応答して関連する高速位置決め段の小さな距離の相対移動を制御する多重高速位置決めドライバーとを具えることを特徴とする多重ツール位置決め装置。
2. 少なくとも1つの多重ツールを第1波長を有するレーザビームとし、且つ少なくとも1つの多重ツールを第2波長を有するレーザビームとすることを特徴とする請求項1に記載の多重ツール位置決め装置。
3. 前記低速位置決め段はX一軸並進段およびY一軸並進段を具え、前記多重高速位置決め段は前記X一軸並進段に設置するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の多重ツール位置決め装置。
4. 前記多重関連加工片は前記Y一軸並進段に設置するようにしたことを特徴とする請求項3に記載の多重ツール位置決め装置。
5. 前記低速および高速位置決め段はその相対移動を連係動させて前記多重ツールが前記低速および高速位置決め段が動いているも多重加工片に対して一時的に静止させるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の多重ツール位置決め装置。
6. 前記多重ツールはこれを多重加工片に対して一時的に静止させる時間周期中前記多重関連加工片を処理することを特徴とする請求項5に記載の多重ツール位置決め装置。
7. 前記多重関連加工片は各々がほぼ同一組の校正目標を有するとともに前記多重関連加工片は適宜位置決めして校正目標の組がこれら組から組に位置決めエラーを提示し、且つ、前記多重高速位置決め段は各々が関連する高速段信号プロセッサーを有し、この高速段信号プロセッサーは前記位置決め信号プロセッ

サーと共に働いて小さな距離の相対移動を補正して位置決めエラーを補償し、前記多重ツールが前記多重関連加工片上の目標位置の組に同時に位置決めし得るようにしたことを特徴とする請求項1に記載の多重ツール位置決め装置。

8. 前記位置決めエラーは直線性エラーおよび前記高速位置決め段に関連するスケールファクタエラーの少なくとも一つによって発生することを特徴とする請求項7に記載の多重ツール位置決め装置。

9. 前記位置決めエラーは前記多重関連加工片および前記低速位置決め段の少なくとも一つと関連する寸法エラーによって生ずることを特徴とする請求項7に記載の多重ツール位置決め装置。

10. 前記位置決めエラーは、夫々前記加工片の任意のもの間の回転差、オフセット差、スケールファクター差、前記加工片の任意の直交エラーおよび台形歪のうちの任意のものによって発生することを特徴とする請求項1に記載の多重ツール位置決め装置。

11. 前記多重関連加工片の校正目標の組を感知するとともに位置決めエラーを補償するように処理される差データを発生するようにしたことを特徴とする請求項7に記載の多重ツール位置決め装置。

12. データベースから受けた1組の位置決め命令に応答して、多重関連加工片に1組の目標位置に対して多重ツールを同時に位置決めするに当たり：前記多重ツールおよび前記多重関連加工片間の大きな距離の相対移動を行う低速位置決め段を設け；前記多重関連加工片を前記低速位置決め段に装着し；前記多重ツールおよび前記多重関連加工片間の小さな距離の相対移動を行う多重高速位置決め段を設け；低速および高速移動制御信号を発生する一組の位置決め信号処理し；前記低速移動制御信号に応答して大きな距離の相対移動内で低速位置決め段を駆動し；前記高速移動制御信号に応答して小さな距離の相対移動内で前記高速位置決め段を駆動し；前記低速および高速位置決め段が動いている際の所定時間間隔中前記多重ツールが多重加工片に対して一時的に静止するように前記大きな距離および小さな距離の相対移動を調整することを特徴とする多重ツール位置決め方法。

13. 前記加工片を回路板とし、前記多重ツールをレーザビームとし、更に、所

定時間間隔中前記レーザビームをトリガして前記回路板の関連する箇所に孔をあけるようにしたことを特徴とする請求項12に記載の多重ツール位置決め方法。

14. 前記回路板は前記レーザビームの各々の視野深さによって補償される可変厚さを有することを特徴とする請求項13に記載の多重ツール位置決め方法。

15. 前記低速位置決め段はX一軸並進段およびY一軸並進段を具え、前記多重高速位置決め段は前記X一軸並進段に設置するようにしたことを特徴とする請求項12に記載の多重ツール位置決め方法。

16. 前記多重加工片は前記Y一軸並進段に装着するようにしたことを特徴とする請求項15に記載の多重ツール位置決め方法。

17. ほぼ同一組の校正目標を前記多重加工片の各々に対して特定し；前記校正目標の組の位置決めを感知して校正目標組から校正目標組へ位置決めエラーを特定し；感知された位置決めエラーを処理し；前記小さな距離の相対移動を補正して位置決めエラーを補償し前記多重ツールが前記多重関連加工片上の目標位置の組に同時に位置決めされ得るようにしたことを特徴とする請求項12に記載の多重ツール位置決め方法。

18. 前記感知工程は少なくとも1つのビデオカメラを用いることを特徴とする請求項17に記載の多重ツール位置決め方法。

19. 少なくとも2つの校正目標を特定し、前記位置決めエラーは回転を含むとともに多重加工片間の変動をオフセットするようにしたことを特徴とする請求項17に記載の多重ツール位置決め方法。

20. 少なくとも3つの校正目標を特定するとともに前記位置決めエラーは前記多重加工片間の回転、オフセット、スケールファクターおよび直交変動を含むことを特徴とする請求項17に記載の多重ツール位置決め方法。

21. 少なくとも4つの校正目標を特定するとともに前記位置決めエラーは前記多重加工片間の回転、オフセット、スケールファクター、直交変動および台形歪を含むことを特徴とする請求項17に記載の多重ツール位置決め方法。

22. 各々が少なくとも第1導体層、誘電体層および第2導体層を有する少なくとも第1および第2のほぼ同一の回路板に所定の孔パターンを切削するに当た

り：夫々第1および第2波長を有する少なくとも第1および第2レーザビームを発生し；前記レーザビームおよび前記回路板間で大きな距離の相対移動を行う低速位置決め段に前記回路板を装着し；前記レーザビームおよび前記回路板の関連する回路板間で小さな距離の相対移動を行う少なくとも第1および第2高速位置決め段を設け；且つ前記大きな距離および小さな距離の相対移動を特定して前記第1レーザビームによって前記第1回路板の第1導体層に所定の孔パターンを切削し、しかも第2レーザビームによって前記第2回路板の前記誘電体層に所定の孔パターンを切削するようにしたことを特徴とする所定の孔パターン切削方法。

23. 更に、所定の孔パターンに従って前記回路板に対するレーザの位置決めを行う低速および高速移動制御信号を発生し；前記低速移動制御信号に応答して前記大きな距離の相対移動内で前記低速位置決め段を駆動し；且つ、前記高速移動制御信号に応答して前記小さな距離の相対移動内で前記多重高速位置決め段を駆動するようにしたことを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

24. 前記低速位置決め段はX一軸並進段およびY一軸並進段を具え、前記多重高速位置決め段は前記X一軸並進段に設置するようにしたことを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

25. 前記回路板は前記Y一軸並進段に設置するようにしたことを特徴とする請求項24に記載の所定の孔パターン切削方法。

26. 前記第1レーザビームは紫外線レーザによって発生し、前記第2レーザビームは赤外線レーザによって発生するようにしたことを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

27. 前記第1波長はほぼ355nm以下とし、前記第2波長はほぼ1,000nm乃至ほぼ10,000nmの範囲とすることを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

28. 前記特定ステップは前記第1および第2レーザビームが前記第1回路板の第1導体層および前記第2回路板の誘電体層を連続的に切削するようにしたことを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

29. 更に、ほぼ同一組の校正目標を前記回路板の各々に対して特定し；前記校正目標の組の位置決めを感知して前記回路板の各々に関連する位置決めエラーを特定し；感知された位置決めエラーを処理し；前記小さな距離の相対移動を補正して位置決めエラーを補償し前記レーザビームの各々が関連する回路板上の所定の孔パターンに正確に位置決めし得るようにしたことを特徴とする請求項22に記載の所定の孔パターン切削方法。

30. 各々が少なくとも第1導体層、誘電体層および第2導体層を有する1組のほぼ同一の回路板に所定の孔パターンを切削するに当たり：第1導体層を切削するに好適な第1組のレーザビームおよび誘電体層を切削するに好適な第2組のレーザビームを発生し；前記レーザビームおよび前記回路板間で大きな距離の相対移動を行う低速位置決め段に前記回路板の第1および第2サブ組を装着し；前記レーザビームおよび前記回路板の関連する回路板間で小さな距離の相対移動を行う少なくとも第1および第2高速位置決め段を設け；且つ前記大きな距離および小さな距離の相対移動を特定して前記第1組のレーザビームによって前記回路板の第1サブ組の第1導体層に所定の孔パターンを切削し、しかも第2組のレーザビームによって前記第2サブ組の回路板の前記誘電体層に所定の孔パターンを同時に切削するようにしたことを特徴とする所定の孔パターン切削方法。

31. 更に、低速位置決め段の装着された各回路板の校正目標を感知するとともに高速位置決め段の関連する位置決め段の大きな距離の相対移動を補正して所定の孔パターンを回路板の各々に正確に切削する加工片校正処理を具えることを特徴とする請求項30に記載の所定の孔パターン切削方法。

32. 低速位置決め段から回路板の第2サブ組を除去し；第2組のレーザビームによる切削のために低速位置決め段の回路板の第1サブ組を再装着し；第3組のレーザビームによる切削のために低速位置決め段の回路板の第3サブ組を装着し；相対移動の特定工程を繰返す工程を更に具えることを特徴とする請求項30に記載の所定の孔パターン切削方法。

33. 前記繰返し工程の前に加工片校正処理を実施することを特徴とする請求項32に記載の所定の孔パターン切削方法。

34. 前記回路板の全部の組を処理するまで、前記除去、再装着、第3サブ組の装着および前記特定工程を繰返すことを特徴とする請求項33に記載の所定の孔パターン切削方法。

【発明の詳細な説明】

多重ツール位置決めシステム

発明の技術分野

本発明は多重関連加工片上に目標位置に対するレーザビーム、その他放射線ビームのような多重“ツール”を位置決めする装置および方法、特に多重ツール、および多重段多重ヘッド位置決め装置の関連する目標位置の位置決めを正確に特定するシステムに関するものである。

発明の背景

技術の多様性はマイクローマシンに対するツール、あるいは加工片の目標位置への堆積パターン或は又目標位置への材料を用いる。例えば、マイクロー寸法のドリルを用いてマイクロー寸法のモータの移動台を形成する；マイクロー寸法のドリルを用いて薄い金属板に孔をあける；レーザを用いて金属、結晶またはアモルファス試料を正確に機械加工し、または選択的に浸食する；およびイオンビームを用いて集積回路内に荷電粒子を選択的に注入する。上述した処理の全ては適切なツールを加工片の目標位置に正確且つ迅速に位置決めする共通の要求を有する。

ある大量生産の用途では、多重関連加工片に対して同時位置決めを行って処理スループットを改善し、総合製造コストを低減するようにしている。かかる用途には多重スピンドルドリルマシンを用いて多重回路板に同一組の孔を同時にあけるようにしている。かかるマシンはスループットが高く多重加工片の正確な固定が要求されるが、加工片間の寸法差を補償することができず、ドリル交換にしばしば時間を要するようになる。

関連する用途において、従来の当業者はレーザを用いて多層回路板の上側層間にビアホールを機械加工している。かかるマシンは精度が高くドリル交換を必要としないが、これらマシンは多重スピンドルドリルマシンのスループットが高くない。

加うるに、ツールおよび加工片間の相対移動を特定する2つの相反する要求が

発生してきた。即ち、特徴寸法が減少し、寸法精度の要求が増大し、同時に加工

片の総寸法が増大してきた。これがため、ツール位置に課せられた精度、寸法および速度の要求が現在の位置決めシステムの制限に重くのしかかってきた。現在の位置決め装置は代表的には速度が低く移動が長いか、または速度が高く移動が短いものであった。X-Y並進テーブルのような低速長移動位置決め装置は位置精度は高いが、ガルバノメータ駆動ビーム偏向器のような高速短移動位置決め装置は偏向角が非直線性であった。長移動高速位置決めの解決策は米国特許第4,532,402号、1985年7月30日発行“集積回路に集束ビームを位置決めする方法および装置”に記載されている。この米国特許では、ガルバノメータのような高速短移動位置決め装置（高速位置決め装置）をX-Y並進テーブルのような長移動低速高精度位置決め装置（低速位置決め装置）と組合せている。これら2つの位置決め装置は短迅速移動および長正確移動を組合せて集積回路またはエッティング処理された回路板のような加工片の目標位置にレーザビームのようなツールを正確且つ迅速に位置決めすることができる。2つの位置決め装置の組合せ移動はまず最初加工片の目標位置の近くの既知の位置に低速位置決め装置を動かし、低速位置決め装置を停止し、正確な目標位置に高速位置決め装置を動かし、高速位置決め装置を停止し、ツールを目標位置で作動鎖線、次いで次の目標位置に対する処理を繰返すようにする。

しかし、かかる位置決め方法には著しい欠点がある。明らかに、かかる始動および停止によって加工片を処理するにツールに必要な時間を不适当に増大する遅延を発生する。コンピュータ支援マシンツール制御ファイル、即ち、代表的には加工片を横切って一連の所定目標位置にツールを動かすように命令する“データベース”にも著しい欠点がある。この欠点は例えばレーザビームによるトリミング必要とする小さな特徴の正規のパターンを有する型の集積回路のような加工片のレーザ機械加工による示すことができる。低速位置決め装置がパターンからパターンにレーザビームを正確に動かすことができるとともに高速位置決め装置が各パターン内でトリミングを必要とする小さな特徴の全てにビームを迅速に向けることができる場合には、位置決め装置およびレーザビームを有効に共働させることができる。

しかし、最大パターンの寸法が高速位置決め装置の移動範囲を越える場合にはツールを加工片全体に亘り位置決めするデータベースは高速位置決め装置の移動範囲内で各々が嵌合する衝合セグメントに“パネル化”する必要がある。上述した寸法精度を増大するとともに加工片を大型化する傾向はパネル化されたデータベースの必要性を実際上補償するものである。このパネル化によって短い高速の位置決めおよび長い高精度の位置決めの矛盾する仕事を高速および低速位置決めに対する適当な移動割当てとすることができます。 例えば、図1はトランジスタのほぼ正規のパターンを有する集積回路の10位置部分とパネル化データベースにより位置決めされたイオン注入ツールで処理すべき関連する電気相互接続部とを示す。本例では、選択されたトランジスタのスレシホールド電圧を集積回路10の適宜なp-チャネル基板にホウ素イオンを制御可能にイオン注入することによって調整する。ドープすべき基板区域によって高速位置決め装置の移動範囲よりも大きな区域を被覆する。これがため、低速位置決め装置によってイオン注入ツールをパネル14の原点12で集積回路10と相対的に整列させ、この動きの後高速位置決め装置によってイオン注入ツールおよび集積回路10間に必要とされる相対的に短い移動を実行してデータベースにより命令されたパネル14内の基板区域を処理する。パネル14を処理した後低速位置決め装置によってイオン注入ツールをパネル18の原点16で集積回路10と相対的に整列させ、この動きの後高速位置決め装置によってイオン注入ツールおよび集積回路10間に必要とされる相対的に短い移動を実行してデータベースにより命令されたパネル18内の基板区域を処理する。

上述した処理を、集積回路10が完全に処理されるまで各パネル22、26、30、34および38の原点20、24、28、32および36を経てステップ処理によって繰返す。相互接続パッド40は単一パネル内に完全に包囲されることはもちろんである。幸運にも、この場合には、相互接続パッド40はイオン注入処理を必要とせず、パネル化の目的に対して無視することができる。

ツール経路を数個の所定の区画化された本来不十分な小さな動き命令クラスタに分割するデータベースのパネル化は多くとも不十分なほど最適化である。その理由は移動が増分的に実行されるからである。

また、パネル化は用いられる特定の位置決め装置の動き容量および位置決めされたツールの型に依存する。集積回路に割当てられたパネルは、集積回路10のパターン規定に従って、且つイオン注入ツールに割当てられた高速位置決め装置および特定の目標位置の動き範囲に従って、データベース内で描く必要がある。ツールの型が変化すると、異なる目標位置で異なる特徴を処理する異なる型の位置決め装置必要となる。新たな位置決め装置およびツールを収容するためにデータベースを再パネル化する何れの変化も確立的に必要である。

データベース内の各パネルがツール操作を行うことなく加工片内で隣接するパネルを照合してパネル境界をまたぐ化、または重複させる必要がある。集積確立的に例の例では、イオン注入ツールの代わりに、レーザビームツールを用いて相互接続パッド40の金属化を処理する場合には、図1に示すパネル化は好適ではない。その理由は相互接続パッド40が2つのパネルにまたがっているからである。加工片がエッチングされた回路板に孔をドリル処理データベースあける目標位置のような不規則なパターンを含む場合には、同一の問題が生じる。加工片およびツール型の組合せはパネル化に対しては導電性ではない。パターンの規則性は特定の高速位置決め装置の移動範囲よりも大きな寸法距離で繰返すことができる。充分に大きな移動範囲を有する高速位置決め装置を適用することは質量および非直線性を追加するため、逆効果である。

従って、必要なものは装置のスループットを高くするとともにパネル化ツール経路データベースを必要とすることなく、広範囲の種類の加工片に対して広範囲の種類のツールを正確に位置決めする方法を提供するものである。

発明の概要

本発明の目的は多重ツール処理システムにおける多重位間のデータベース位置決め命令を自動的且つ任意に割当てる装置および方法を提供せんとするある。

本発明によればパネル化されたデータベースを必要とすることなく、多重加工片でツール経路操作を同時に行う装置および方法を得ることができる利点がある。

また、本発明によれば、多重レート位置決めシステムを用いる多重同時ツール経路操作の精度およびスループットを改善する装置および方法を得ることができ

る他の利点がある。

本発明の多重レート位置決めシステムはパネル化されていない位置決め命令をデータベースから受け、この命令を半正弦波位置決め信号にプロフィールし、さらにこの半正弦波位置決め信号をデータベースにより規定された目標位置に各低速および高速位置決め機を作動させる低周波および高周波位置決め信号の処理する。低速および高速位置決め機は、データベースにより規定された目標位置全体に亘り一時的停止ツール位置を発生する個別に動く位置を特定しながら、必要な停止を行うことなく位置決め命令データ流に応答して動くようになる。

多重レート位置決めシステムは、パネル化されたデータベースを必要とすることなく、ツール処理スループットを著しく増大させながら、高速位置決め移動距離の要求を低減させることができる。

半正弦波位置決め信号は加速および位置決め命令に分割する。高いツール処理スループットは一定の遅延を有するとともに低速位置決め機を駆動する低周波位置決め兼加速成分を発生する4次元プロフィールフィルタを経て位置決め成分を通過させることによって達成する。フィルタ処理されない位置決め兼加速成分は前記一定の遅延と同一量だけ遅延して高速位置決め機を駆動する高周波位置決め兼加速成分を発生する。前記プロフィールフィルタを経て供給される高速段成分に対する低速位置決め機の非応答性によって生ずる低速位置決め機のエラーはこれらスループットエラーを高速位置決め機の命令の一部分として高速位置決め機に向けることによって補正する。位置決め機と関連する慣性および摩擦によって発生する位置決めエラーは、実際のツール位置と低速および高速段位置決め信号を修正するフィードバック回路網の命令ツール位置とを比較することによって補正する。

本発明の多重レート多重ヘッド位置決め装置の例は上述した非パネル化位置決め命令を受けて処理し低速位置決め機および多重高速位置決め機を作動させる。この高速位置決め機は低速および高速位置決め機に装着して多重関連加工片の目標位置に対して多重ツールを同時に位置決めする。高速位置決め機の各々は高速段信号処理機に結合して補正された位置決めデータを各高速位置決め機に供給し、高速段非直線性および加工片配置、並びに多重加工片のオフセット、回転、お

よ

び寸法変化を補償する。

この多重レート多重ヘッド位置決め装置は加工片処理コストを低減し、且つ単一システムで多重加工片を同時に処理することにより加工片処理スループットを改善する。更に、処理された加工片の除去率は減少する。その理由は配置、オフセット、回転、および寸法変化を処理し得るからである。

多重レート多重ヘッド位置決め装置の好適な例では、エッティングされた回路板（“EBC”）にめくらビアホールを改善されたスループットおよび処理収率で切削する。この例では、ツールの半分を紫外線（“UV”）レーザとし、これにより導体層および誘電体層を容易に切削し、且つツールの他の半分を赤外線（“IR”）レーザとし、これにより誘電体層のみを容易に切削する。このUVレーザは上側の導体層および下側の誘電体層の一部を切削するように制御し、IRレーザは第2の下側導体層を切削または損傷することなく、残存する誘電体層を切削するように制御する。これらを組合せたレーザ処理工程はEBCにめくらビアホールを切削する広い処理窓を有する。更に、スループットは、既に切削された導体層を有するEBCに誘電体層を連続的に切削しながら、未処理EBCの導体層を切削することができる。処理収率はEBCの配置、オフセット、回転、および寸法変化を考慮するために各切削工程前に加工片校正を行うことによって増大させることができる。

図面の簡単な説明

図1は従来の位置決め移動パネル化計画に従って切削処理用の集積回路ワークフィールドを示す平面図。

図2は本発明多重段レーザビーム位置決めシステムの構成を示すブロック図。

図3Aおよび3Bは本発明による位置決め命令から処理された各2-3セグメント位置決め機の速度プロファイルを示す時間対速度グラフを示す説明図。

図4は本発明とともに使用するに好適な型の従来のガルバノメータ駆動ミラー位置決め機を示す一部切り欠き側面図。

図5は本発明位置決め信号に応答する高速および低速位置決め機の位置決め段

速度および位置を示す特性図、

図6は本発明多重段レーザビーム位置決めシステムを示す斜視図、

図7は図6の多重段レーザビーム位置決めシステムに用いられる多重高速段信号処理機の一つの構成を示すブロック図、

図8は図7のディジタル信号処理システムに用いられる多重高速段信号処理装置の一つを示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

図2は位置決め命令実行機能を有する多重段ツール位置決め機システム50を示す。この位置決め機システム50は単一ヘッドレーザ型孔切削システムに関する例によってのみ記載されている。ディジタル信号処理装置（“DSP”）52を用いて高速ガルバノメータ位置決め段54（“高速段54”）、低速X軸並進段56（“低速段56”）および低速Y軸並進段58（“低速段58”）を制御してレーザビーム60をエッティングされた回路板のような单一加工片上の目標位置に向けるようとする。位置決め機システム50は低速段56に装着された単一高速段54と低速段58の装着された单一加工片62とで構成するが、多重高速段54が低速段56上に装着され多重加工片62が低速段58上に装着されたもののようにツール位置決めシステムの他の構成を本発明に有利に用いることができる。

システム制御コンピュータ63によってデータベース記憶サブシステム64に記憶されたツール経路データベースを処理する。このデータベースは加工片62にレーザビーム60で孔および／またはプロフィールを切削する所望の処理パラメータを含む。データベースは、オレゴン州ユージン在所のカメックス マニュファクチャリングテクノロジー社製のSMARTCAMTHのようなツール経路発生プログラムを用いて通常のようにコンパイルする。システム制御コンピュータは記憶されたデータベースの解析された部分をレーザ制御装置68に搬送しデータベースの位置制御部分をデルタ処理装置70にデータ流として搬送する。このデルタ処理装置70によってこれらデータ流を、加工片62を横切るレーザビーム60の経路における各々意図する変化に対するデルタ位置（“dx”およ

び “d y”) 、 デルタ速度 (“d v”) およびデルタ時間 (“d t”) 成分に解析する。これがため、レーザビーム 60 の各動きを d x, d y, d v, および d t 成分で規定するとともにこれら成分は位置プロフィール装置 72 によって更に

処理して半正弦波プロフィール位置決め信号を生成する。

このレーザ制御装置 68 はデルタ処理機 0 によってタイミングビームグデータによって制御するとともに同期化技術に従って高速段 54 および低速段 56 および 58 の動きにレーザ 76 の起動に同期化するトリガ処理装置によって更に特定する。これは U. S. P. No. 5,453,594 に記載された 1995 年 9 月 26 日発行 “放射ビーム位置決めおよび輻射特定システム” に記載されている。

データ処理装置 70 によって図 3A および 3B につき後述する好適な B A S I C 言語信号処理手順に従って d x, d y, d v, d t 成分を発生する。

“g e n_m o v e” と称される好適な手順を実行する前に、最大加速 (a max) 、 最大速度 (v max) 、 最小時間 (t min) の制限値を初期化する。これら制限値は特定の位置決め命令に応答して最大距離を動かせる必要のある特定の位置決め機ハードウェア (高速または低速) によって課せられた物理的ハードウェア制限である。例えば、動き距離が最大高速位置決め機の動きの 25 % 以下である場合には、これら値は高速位置決め機に対して設定される。そうでない場合には、これら値は低速位置決め機に対して設定される。高速段 54 および低速段 56 および 58 の制限値は

	高速	低速
v max (メータ／秒)	1	0. 25
a max (g)	50	1. 0
t min (ミリ秒)	2	20. 0

手順 g e n_m o v e によって位置決め機段に必要な d x, d y, d v, d t 成分値を計算して 2 または 3 動きセグメントを任意の初期位置および初期速度から任意の最終位置まで移動させる。

全ての移動セグメントは半正弦波プロフィール加速セグメント (“セグメント 1”) 、 定速度セグメント (“セグメント 2”) および半正弦波プロフィール減

速セグメント（“セグメント3”）のある組合せを含む。図3 Aに示すように、位置決め命令が $+ vma x$ または $- vma x$ に到達する位置決め機速度を発生するに充分な大きさである場合には、セグメント2はセグメント1および3間に含まれる。さもないと、図3 Bに示すように、セグメント1および3のみが含まれ

る（セグメント2は0）ような2セグメント移動命令が実行される。一般に手順 `gen_move` は次の BASIC 言語記述に準拠しているとともに熟練当業者はこの BASIC 言語記述をよき王位に理解する。

PROCEDURE (手順) `gen_move (g &, h &)` :

REMARK “`g`” および “`h`” はデータベースから抽出した位置決めおよび速度の指標化アレイへのポインタである。

```

x i = p x (g &)      ! initial x position      ! um
y i = p y (g &)      ! initial y position
x v i = v x (g &)    ! initial x velocity     ! um/sec
y v i = v y (g &)    ! initial y velocity
x f = p x (h &)      ! final x position
y f = p y (h &)      ! final y position
x v f = v x (h &+1)   ! final x velocity
y v f = v y (h &+1)   ! final y velocity

```

REMARK 位置、初期および最終速度並びに ($vma x$ に限定された) 最小移動時間の総合変化に基づく X および Y 移動に対する最大 (または最小) 絶対速度を計算。

```

d x = f - x i
d y = f - y i
x vma x = d x / trnin - (x v i + x v f) / 2
IF x vma x > vma x
  x vma x = vma x
ENDIF
IF x vma x < -vma x

```

```

x v m a x = - v m a x
E N D I F

```

REMARK $d t 1 = d t 3$ とすると、 $d t 1$ および $d t 3 = t \min$ であれば、最大速度を用いる。

```
y v m a x = d y / trnin - (x v i + x v f) / 2
```

```
I F y v m a x > v m a x
    y v m a x = v m a x
E N D I F
```

```
I F y v m a x < - v m a x
    y v m a x = - v m a x
E N D I F
```

REMARK セグメント1および3を計算、3セグメントがこの特定の位置決め命令を実行する必要があるものとする。

```
k p o2 = (P I / 2) / a m a x
```

```
dt1=MAX(trnin, ABS((xvmax-xvi)*kpo2), ABS((yvmax-yvi)*kpo2))
```

```
dt3=MAX(trnin, ABS((xvf-xvmax)*kpo2), ABS((yvf-yvmax)*kpo2))
```

REMARK x および y 軸 ($x d t 2$ および $y d t 2$) の双方に対して $d t 2$ を計算する。何れかの結果が正であれば、一定速度のセグメント2が必要となる。また、 $x d t 2$ および $y d t 2$ によって主軸、即ち、一定の速度で移動する最大時間を必要とする軸を決定する。

```
I F x v m a x > 0
    xdt2 = (dx - ((xvi+vmax)*dt1/2) - (xvf+vmax)*xdt3/2))/vmax
```

```
E L S E
```

```
    xdt2 = (dx - ((xvi+vmax)*dt1/2) - (xvf+vmax)*xdt3/2))/vmax
```

```
E N D I F
```

```
I F y v m a x > 0
```

```
    ydt2 = (dy - ((yvi+vmax)*dt1/2) - (yvf+vmax)*ydt3/2))/vmax
```

ELSE

$$ydt2 = (dy - ((yvi + vmax) * dt1 / 2) - (yvf + vmax) * xdt3 / 2) / vmax$$

ENDIF

IF $x \cdot dt2 > 0$ および $y \cdot dt2 > 0$

REMARK 各移動セグメントに対して d_p , d_v を計算する。

```

IF xdt2 > ydt2      !X axis Primary
  dx1=(xvi+xvmax)*dt1/2
  xdv1=xvmax-xvi
  dx2=(-xvi-xvmax)*dt1/2)+((-xvmax-xvf)*dt3/2)+dx
  xdv2=0
  dx3=(xvmax+xvf)*dt3/2
  xdv3=xvf-xvmax
  ydt2=xdt2
  kb=1/(2*ydt2+dt3+dt1)
  dy1=((yvi-yvf)*((dt1*dt3)/2+(dy+yvi*ydt2)*dt1)*kb
  ydv1=(-(yvi-yvf)*dt3+2*dy-2*yvi*(ydt2+dt1))*kb
  dy2=(2*dy-dt1*yvi-dt2*yvf)*ydt2*kb
  ydv2=0
  dy3=(yvf-yvi)*((dt3*dt1)/2+(dy+ydt2*yvf)*dt3)*kb
  ydv3=(yvi+yvf)*dt1-2*dy+2*(dt3+ydt2*yvf)*kb
ELSE          !Y primary axis
  dy1=(yvi+yvmax)*dt1/2
  ydv1=yvmax-xvi
  dy2=(-yvi-yvmax)*dt1/2)+((-yvmax-yvf)*dt3/2)+dy
  ydv2=0
  dy3=(yvmax+yvf)*dt3/2
  ydv3=yvf-yvmax
  xdt2=ydt2
  kb=1/(2*xdt2+dt3+dt1)
  dx1=((xvi-xvf)*((dt1*dt3)/2+(dx+xvi*xdt2)*dt1)*kb
  xdv1=(-xvi-xvf)*dt3+2*dx-2*xvi*(xdt2+dt1))*kb
  dx2=(2*dx-dt1*xvi-dt3*xvf)*xdt2*kb
  xdv2=0
  dx3=(xvf-xvi)*((dt3*dt1)/2+(dx+xdt2*xvf)*dt3)*kb
  xdv3=(xvi+xvf)*dt1-2*dx+2*(dt3+xdt2*xvf)*kb
ENDIF
ELSE !two segment movement

```

REMARK $d_t x$ および $d_t y$ を計算してセグメント 1 および 3 に対する d_t を決める。

twomovetime (xvi, xv f, xi, xf, xdt)

twomovetime (yvi, yvf, yi, yf, ydt)

REMARK 2セグメント移動に対して $dt_1 = dt_3 = dt_x$ または dt_y の大きいほう。

```
dt1 = MAX (xdt, ydt)
dt3 = dt1
```

REMARK セグメント1および3に対して dp および dv を決定する。

```
2セグメント移動
xdt2=0
ydt2=0
dx2=0
dy2=0
xdv2=0
ydv2=0
ENDIF
```

RETURN

REMARK 手順 gen_moveの終了

PROCEDURE 2セグメント移動

```
dx1 = dx/2 + xvi*dt1/4 - xvf*dt1/4
xdv1 = dx/dt1 - 3*xvi/2 - xvf/2
```

```
dy1 = dy/2 + yvi*dt1/4 - yvf*dt1/4
ydv1 = dy/dt1 - 3*yvi/2 - yvf/2
```

```
dx3 = dx/2 - xvi*dt3/4 + xvf*dt3/4
xdv3 = -dx/dt3 + xvi/2 + 3*xvf/2
```

```
dy3=dy/2-yvi*dt3/4+yvf*dt3/4
ydv3=-dy/dt3+yvi/2+3*yvf/2
```

RETURN

```
PROCEDURE 2セグメント移動(vi,vf,ip,fp,VAR dt)
LOCAL k1,k2,k3
dt=tmin
k1=3*vi+vf
kls=k1^2
k2=(32/PI)*amax*(fp-ip)
k3=PI/(8*amax)
IF kls+k2>0
    dt=MAX(dt,k3*(-k1+SQR(kls-k2)))
ENDIF
IF kls-k2>0
    dt=MAX(dt,k3*(k1+SQR(kls-k2)))
ENDIF
k1=vi+3*vf
kls=k1^2
IF kls+k2>0
    dt=MAX(dt,k3*(-k1+SQR(kls+k2)))
ENDIF
IF kls-k2>0
    dt=MAX(dt,k3*(k1+SQR(kls-k2)))
ENDIF
RETURN
```

再び図2を参照し、デルタ処理装置7.0によって発生したd x、d y、d vおよびd t成分を更に位置プロファイラー7.2により処理して、データベースによって命令されたように、高速段5.4並びに低速段5.6および5.8を移動するに必要な半正弦波位置決め信号に変換する。理想的には、位置決め装置の加速は駆動力の比例し、この駆動力は直線または回転モータ或はガルバノメータコイルのような位置決め装置用ドライバーに供給される電流に比例する。従って、位置プロファイラー7.2によって発生した位置決め信号は図3Aおよび3Bに示す移動のような移動を生ずる一連の“全スペクトル”半正弦波プロフィール加速度—誘起位置決め工程である。全スペクトル帯域幅はほぼ250Hz、即ち、代表的なガルバノメータ駆動ミラー位置決め装置をその最大周波数で駆動するに充分な帯域幅のみを必要とする。全スペクトル位置決め信号の瞬時値は、ディジタル信号処理装置(DSP)5.2で実行されている正弦波値発生プログラムの変数としてデ

ルタ処理装置70によって発生したd x、d y、d vおよびd t成分を用いることによりDSP52によってほぼ10000ポイント／秒の速度で発生させる。或は又、上記d x、d y、d vおよびd t成分を用いてDSP52に内蔵される正弦波値ルックアップテーブルに記憶された関連する正弦波値をアドレス指定し、且つ取出すことができる。

斯様にして取出した全スペクトル位置決め信号は加速度および位置決め成分を有し、これら成分は一定信号伝搬遅延を有するプロフィールフィルタ78およびこのプロフィールフィルタ78の一定信号伝搬遅延をDSP52で補償する遅延素子79に供給される。例えば、遅延素子79は位置プロファイラー72によって発生したレーザトリガーパルスを遅延して高速段54並びに低速段56および58の遅延移動に一致させるようとする。また、プロフィールフィルタ78および遅延素子79は、後述するように、共働してその加速度を±1 gに制限しながら低速段56および58を平均位置プロフィール全体に亘り円滑に動かすとともに共働して高速段54の位置決め移動を±10mmに制限する。

この位置成分はプロフィールフィルタ78に供給されて低速段56および58を駆動するフィルタ処理された位置命令データを発生する。好適にはプロフィールフィルタ78は式(1)により以下に示される4次低域通過フィルタとする。

$$G(s) = \left[\frac{1}{\left(\frac{s}{\omega} \right)^2 + \frac{2\zeta s}{\omega} + 1} \right]^2 \quad (1)$$

式(1)において、 ω はプロフィールフィルタ78の自然またはカットオフ周波数、 ζ はその減衰率である。好適には、 ω を38ラディアン／秒、 ζ を0.707とする。 ζ の0.707は臨界減衰率と称される。その理由はこれによってプロフィールフィルタ78のカットオフ周波数までの周波数で直線性となる位相ラグを発生するからである。この直線性位相ラグは自然周波数までの周波数内容を有する任意の半正弦波位置決め信号に対する一定の時間遅延を発生する。式(1)のフィルタに対しては時間遅延を $4\zeta/\omega$ 秒とする。

プロフィールフィルタ78によって半正弦波位置決め信号位置成分に対して一定の時間遅延を有するフィルタ処理された位置命令データを発生するため、この一定の時間遅延を遅延素子79によって補償する。この遅延素子79は、位置プロファイラー72から高速段54の信号処理素子（そのうちの最初のものを加算器80および82とする）に半正弦波位置決め信号加速度および位置成分を搬送するプログラムされた遅延として、DSP52で実現するのが好適である。これにより、高速段54に向けられた半正弦波位置決め信号は低速段56および58に向けられたフィルタ処理された位置命令と時間同期する。位置プロファイラー72からの加速度成分もプロフィールフィルタ78によってフィルタ処理してフィルタ処理された加速度命令を加算器80およびフィードフォワード処理装置94に供給する。加算器80は全スペクトル位置決め信号の加速度成分からフィルタ処理された加速度命令を減算してフィードフォワード処理装置86に搬送されるガルボ加速度フィードフォワード信号を形成する。同様に、プロフィールフィルタ78からのフィルタ処理された位置命令および半正弦波位置決め信号の遅延された位置命令は処理用課90および82に夫々搬送するとともに夫々低速段56および58並びに高速段54に夫々分配する。ガルボフィルタ97およびサーボフィルタ98は高速段54並びに低速段56および58を安定に保持するよう機能する慣例のループ補償フィルタとする。

プロフィールフィルタ78は、臨界減衰率を有する2つ以上の2次フィルタを縦続接続することによって実現する。縦続接続のフィルタの数を2以上に増大ため、そのカットオフ周波数はフィルタの数のほぼ平方根倍になる（例えば、2つのフィルタは単一フィルタのカットオフ周波数の1.414倍となる）。好適には、2つのフィルタを縦続接続して全フィルタの実現を簡単に保持しながら、良好な平滑性を得ることができる。

式(1)によって表わされるプロフィールフィルタの応答性は双1次変換による個別の等価性として表わすことができる。斯くて得たディジタル変換関数を

$$Gz(z) = \frac{k(z^2 + 2z + 1)^2}{(z^2 + b_1z + b_2)^2} \quad (2)$$

前の入出力を与えるフィルタ出力の時間ードメイン方程式は次式(3)および(4)により表わされる。

$$y_k = w_k + 2w_{k-1} + w_{k-2} - b_1 y_{k-1} - b_2 y_{k-2} \quad (3)$$

$$w_k = k(V_k + 2V_{k-1} + V_{k-2}) - b_1 w_{k-1} - b_2 w_{k-2} \quad (4)$$

式(3)および(4)の係数は次式(5)により表わされる。

$$\begin{bmatrix} k \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\omega^2 T^2}{4 + 4\zeta T\omega + T^2\omega^2} \right)^2 \\ \frac{-8 + 2T^2\omega^2}{4 + 4\zeta T\omega + T^2\omega^2} \\ \frac{-4\zeta T\omega + 4 + T^2\omega^2}{4 + 4\zeta T\omega + T^2\omega^2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式(5)において、Tはフィルタのサンプル周期であり、ωはカットオフ周波数、ζはその減衰率である。

プロフィールフィルタ78に対しては、これにより38ラディアン/秒カットオフ周波数(ほぼ6Hz)はDSP52が低速段56および58に対して位置決めデータを更新する10kHzのレートと比較して極めて低い周波数である。プロフィールフィルタ78が10kHzの低速段更新周波数で実行されている場合には、個別のフィルタ係数は丸めエラーに感應する。その理由は個別のフィルタの極が移動して単位円に近付くからである。これがため、プロフィールフィルタ78は、式(3)および(4)に示すように、2つの2次フィルタとして実行してフィルタ方程式の次数を減少させるとともにフィルタ係数を充分に制御し得るようにするのが好適である。また、プロフィールフィルタ78は位置プロファイラー72から加速度命令を受けて、サーボフィードフォワード処理装置94および加算器80に搬送されるフィルタ処理された加速度命令を発生する。

所望の動きプロフィール命令は10kHzの更新レートで計算するのが好適であり、且つ低速段加速度および実際の(命令されていない)位置を加算器80および82でこれから減算して夫々高速段加速度および位置命令信号を発生し得る

ようとする。

高速段加速度命令信号は加算器80およびフィードフォワード処理装置86を経て処理し、高速段加位置命令信号は加算器82およびガルバノフィルタ97を経て処理する。処理された高速段信号は加算器84で合成してガルバノメータドライバー88に搬送する。同様に低速段フィルタ処理された加速度命令はフィードフォワード処理装置94を経て処理されるが、高速段フィルタ処理された位置命令は加算器90およびサーボフィルタ97を経て処理される。処理される低速段信号は加算器92で合成されて直線性サーボモータドライバ96に搬送される。

ガルバノメータドライバ88によって偏向制御電流を高速段54の一対のミラ一偏向ガルバノメータに供給し、且つサーボモータドライバ96によって制御電流を低速段56および58の位置決めを制御する直線性サーボモータに供給する。

図4は高速段54として用いるに好適な型の従来のガルバノメータ駆動式ミラ一位置決め装置100を示す。ガルバノメータドライバ88(図2)は導体102の回転制御電流をそれぞれX軸およびY軸高速応答直流モータ104および106に供給し、これら直流モータによってペアリング108の軸107を回転して一対のミラー110および112を選択的に枢動してレーザビーム60を光学レンズ114を経て加工片62の所定の目標位置に偏向する。

或は又、圧電素子、音声コイルアクチュエータ、その他制限角度高速位置決め装置のような非ペアリング動き位置決め装置を、位置決め装置システム50のガルバノメータ駆動ミラ一位置決め装置100の代わりに用いることができる。

同様に、図2につき説明するに、交互の正確な回転または直線性位置決め機械を低速段56および58を駆動する直線性サーボモータの代わりに用いることができる。しかし、位置決めシステム50においては、低速段位置命令に好適に応答する直線性モータが好適である。

2つの信号は低速段および高速段位置命令と組合せて加工片62の命令位置およびレーザビーム60の実際の位置の間の位置エラーを低減する。

加算器82の遅延処理された高速段位置命令および加算器90の遅延処理された低速段位置命令はこれら段54、56および58の適宜な位置決めを生ずるに必要

な理想的な値を表わす。しかし、重力、摩擦、質量、および位置プロファイラー 72 によって発生する全スペクトル位置決め信号の不正確さのような実際的なファクタは修正されていない位置命令で考慮しない。

これら実際的なファクタはこれら段 54、56 および 58 の実際的な位置を位置センサ 120 および 122 により感知し、予測フィードバックデータを DSP 52 の加算器 82 および 90 に供給することによって考慮する。高速段位置決め経路の加算器 82 が両位置センサ 120 および 122 から位置フィードバックデータを受けることは明らかである。位置センサ 120 および 122 は適宜のアナログデジタルおよび／またはデジタル－アナログ変換技術と相俟って回転コンデンサ板、直線性および回転エンコーダスケールまたは干渉計動き検出器を用いる既知の型のものとすることができます。

レーザビーム 60 は加工片 62 全体に亘り移動させて感知されたビーム位置を命令されたビーム位置と連続的に比較し、その位置差によって実際的なファクタが位置決めエラーを発生する程度を表わす。特に、高速段 54 および低速段 56 および 58 の感知されたデータは、位置センサ 120 および 122 により発生し、これを加算器 82 の命令された位置から差引いてフィードフォワード処理装置 86 からの加速度データと加算器 84 で合成して位置差を発生する。同様に、低速段 56 および 58 の感知されたデータは、位置センサ 122 により発生し、これを加算器 90 の命令された位置から差引いてフィードフォワード処理装置 94 からの加速度データと加算器 92 で合成して位置差を発生する。

図 5 は DSP 52 (図 2) において高周波位置 (“HFP”) 信号部分 130 および低周波位置 (“LFP”) 信号部分 132 に分割される代表的全スペクトル位置決め信号 128 (太線で示す) に応答してその移動を特定する手段をグラフ的に示す。HFP 信号部分 130 は全スペクトル位置決め信号 128 の交流結合された 25-250 Hz 高域通過部分を示し、LFP 信号部分 132 は全スペクトル位置決め信号 130 の直流結合された 0-25 Hz 低域通過部分を示す。

全スペクトル位置決め信号 128 の各半正弦波位置決めステップ (文字サフィックス、例えば 128A、128B、128C、および 128D で特に示される) によって HFP 信号部分 130 の対応する関連ステップ (例えば、130A)

130B、130C、および130D)を発生する。本例では、各位置決めステップは隣接ステップからほぼ10msだけ分離するが、この時間分離は所望に応じツール経路データベースにおけるタイミングデータの関数とする。

図5は更に高速段54および低速段56および58がHFP信号部分130およびLFP信号部分132に応答する方法を示す合成高速段速度波形134および合成低速段速度波形136を示す。

特に、HFP信号部分130A、130B、130C、および130Dは、各々が対応する高速度波形パルス134A、134B、134C、および134Dにより示すように高速段54を正弦波プロフィール速度変化せしめる加速度セグメントを有する。高速度波形134はそのベースライン138が負の速度方向に遷移するとともにほぼ-100mm/sの値に設定する。このベースライン遷移は遅延され且つフィルタ処理された加速度命令を加算器80で合成することにより発生する。

また、HFP信号部分130は高速段54が高速度波形134の各々に位置的に応答する手段をも示す。本例で必要とされるピーク高速段位置決め変位はほぼ2.8mmであり、これは低質量ガルバノメータ駆動ミラー位置決め装置の10mm直線性範囲内で良好である。

LFP信号部分132も低速段56および58が低速度波形136に位置的に応答する手段を示す。低速度波形136は正の速度方向に遷移するとともにほぼ+100mm/sの値に設定する。

本例では、低速段の位置は低速段56および58の少なくとも一方が動きを停止しないような時間で直線的に変化する。

また、全スペクトル位置決め信号128は波形132および130でそれぞれ表わされる合成高速段および低速段の位置からしょおうじた正味の位置をも示す。台地部分140A、140B、140C、および140Dは10mmの時間周期を有し、この周期中前記段54、56、および58が動き得るも特定された位置は静止している。これは台地部分140Cの下側の波形130および132がほぼ等しく且つ逆方向の傾斜で交差していることからもあきらかである。台地部分140はレーザ76がトリガされて加工片62に孔あけの処理を行い得る時間

周

期に相当する。

上述した特定位置決めは、各目標位置でレーザを点弧して孔を切削する休止部と組合わせたツール経路に沿って目標位置間で迅速な移動を必要とするレーザビーム孔切削のような用途に特に有利であるが、この用途に限定されるものではない。

図6は多重加工片152A、152B、152C、および152Dを同時に処理する本発明の多重ヘッド位置決め装置の例を示す（以下多重素子は文字サフィックスを付すことなく総体的に例えば“加工片152”で示す）。多重ヘッド位置決め装置150は加工片152がY軸低速段58に固定且つ支持され、多重高速段154A、154B、154C、…154NがX軸低速段58に支持されるように構成された低速段56および58の各々を用いる。この低速段56および58の役割は逆とすることは勿論である。

低速段58に支持される高速段154の数が増大するにつれて、その累積質量により加速が著しく困難になる。これがため、低速段58に支持される高速段154の数Nは4に限定するのが好適であるが、このNは位置決め装置の形式および用途に応じて変化させることができる。

加工片152の各々は処理ツール、好適には、処理工エネルギーを関連するミラー158A、158B、158C、…158Nによって高速段154A、154B、154C、…154Nに向けるレーザ156A、156B、156C、…156Nに関連させることができる。高速段154によって処理工エネルギーを関連する加工片152の目標位置にはほぼ方形状に、即ち、 $20 \times 20\text{ mm}$ の処理視野162A、162B、162C、…162Nに偏向する。

ビデオカメラ160A、160B、160C、…160Nを低速段56に位置決めして関連する処理視野162を観察し、加工片152の整列、オフセット、回転および寸法変化を感じし、レーザ156をも目標収束化する。

好適な例では、同一の処理パターンをレーザ156および高速段154の各々によって複写する。しかし、ある処理用途では、処理パターンの変化を、加工片

の幾何学的形状、スケールファクタ、オフセット、回転、歪み間の変化に整合させる必要がある。また、高速段非直線性および低速段58に装着された加工片1

52間の装着位置変化によって導入された“アッベ誤差”（命令されたツール位置が感知された目標位置と整合しない程度）に整合させる必要がある。従来の多重スピンドルドリル機とは相違して、多重位置決め装置150は高速段154の各々が駆動される際、図7および8につき説明したように、プログラム可能な補正ファクタを用いることによって上述した変化を補償することができる。

図7は多重レート位置決め装置DSP52を多重高速段154および低速段56および58の位置決めの特定に適用し、その結果多重ヘッドDSP170を形成する手段を示す。DSP52の場合と同様に、多重DSP170はシステム制御コンピュータ63からd_x、d_y、d_v、およびd_t成分を受け、これら成分は位置プロファイラー72により更に処理して半正弦波プロフィール位置決め信号に変換する。また、DSP170にはDSP52、即ち、プロフィールフィルタ78、遅延素子79、フィールドフォワード処理装置94、サーボドライバ96、および位置センサ122と同様の信号処理装置の幾つかを含む。図7は簡単化のために、X軸低速段56の処理素子のみを示す。関連するY軸素子が意味するところは当業者にとって明らかである。

低速段56および58並びにN高速段154を駆動するためには単一システム制御コンピュータ63を必要とする。多重高速段信号処理装置172A、172B、172C、…172Nは各々がシステム制御コンピュータ63から高速段補正データを受ける。このように、高速段位置命令および現在の低速段位置データは高速段処理装置172の各々で受けて高速段154の各々が独特のエラー補正データにより更に位置決めし得る目標位置の共通組に向けられるようになる。

図8はDSP172からの高速段および低速段位置決めデータおよびシステム制御コンピュータ63からの補正データを受ける高速段信号処理装置172の代表的なものを示す。この制御データは幾何学的形状補正処理装置180に搬送される低速段および加工片関連補正データおよび高速段補正処理装置182に搬送される高速段直線性およびスケールファクタ補正データを含む。

補正データは方程式に依存するか、またはルックアップテーブルに依存する。しかし、幾何学的形状補正処理装置180および高速段補正処理装置に用いられる補正データは米国特許第4,941,082の光ビーム位置決めシステムに記載されている方程式依存型とするのが好適である。

高速段直線性およびスケールファクタエラーは相対的に一定で主として高速段154の個別の特性に依存する。従って、高速段補正処理装置182は相対的に小さく、且つ少ない補正データの変化を必要とする。この補正データを発生させることによって例えば上記米国特許に記載されているように関連する校正目標の少なくとも13個の校正点に高速段154の各々を向けるようにする必要がある。反射されたエネルギー検出器によって指向された目標点位置および現実の目標点位置間の差を感知し、この差データを処理用のシステム制御コンピュータ63に供給する。得られた補正データを各高速段補正処理装置182に搬送従って記憶する。関連するビデオカメラ160によって指向された目標点位置および現実の目標点位置間の任意の差を校正し、補償する。また、高速段直線性およびスケールファクタエラーも相対的に一定であり、従って、少ない補正データ変化を必要としない。

他方、低速段および加工片に関連するエラーは相対的に可変であり、主として加工片の変位、加工片152間のオフセット、回転、および寸法変化に依存する。これがため、幾何学的補正処理装置180は加工片152が変化する度毎に相対的に大きな補正データ変化を必要とする。この補正データを発生させることにより例えば低速段56および58並びに高速段154の各々を各関連する加工片152の少なくとも2つおよび好適には4つの所定校正目標に向けるようにする。これら校正目標は例えばEBCのコーナー、ツール孔またはフォトエッティング目標とすることができます。各ビデオカメラ160によって命令された校正目標位置および現実の校正目標位置間の任意の差を感知し、この差データを処理用のシステム制御コンピュータ63に供給する。各加工片152に対して得られた補正データを関連する幾何学的補正処理装置180に搬送して記憶する。

各高速段信号処理装置172に対しては、Y軸に対して補正された位置決めデ

ータは補正処理装置180および182からフィールドフォワード処理装置86、ガルバノドライバ88、および高速段154に搬送される。位置フィードバックデータは位置センサ120(図2)によって発生させ、且つ加算器184および84で補正のために合成する。同様の処理をX軸高速位置決めに適用し得ること

は当業者には明らかである。

補正データを高速段154に供給するに際し、各高速段は $20 \times 20\text{mm}$ 最大直線性位置決め範囲内で $18 \times 18\text{mm}$ 位置決め範囲に限定するのが好適である。位置決め範囲の残りの 2mm は上述した補正のために用いる。

上述した所は高速段および低速段位置決め段の各々に対する単軸について説明した。両軸、両段および單一または多重高速位置の動きを特定する信号処理に適用することは当業者にとって容易である。

例：

本発明の代表的な適用は多層ECBにおけるめくらビアホールのような孔のようなレーザ切削である。多層ECBは代表的には厚さ0.05乃至0.08mmの回路板の多重層を位置合わせし、互いに堆積し、積層し押圧することによって製造する。代表的には各層は異なる相互接続パッドおよび導体パターンを含み、これは処理後複合電気部品装着および相互接続アセンブリを構成する。ECBの電気部品および導体密度は集積回路の密度と相俟って増大する。これがため、ECBの孔の位置決め精度および寸法公差は比例的に増大する。

この場合、押圧(プレス)工程によって膨張および寸法変化が生じ、これによりECB間にスケールファクタおよび直交変化が発生する。さらに、多重ECB(加工片152)が低速段58に取り付ける際に、固定変化によってECB間に寸法回転およびオフセットエラーを発生し得るようになる。これに加えて、ECBの厚さ変化によって正確に所定の深さを有する孔を機械的に切削するのが困難になってくる。

本発明によれば上述した問題を以下のように解決する。2つ乃至4つの校正目標を所定の位置に、好適には各ECBの各コーナーに1つエッティング処理を行う

。ビデオカメラ160によって命令された校正目標位置および現実の校正目標位置間の差を感知し、この差データを処理用のシステム制御コンピュータ63に供給する。得られた補正データを関連する幾何学的補正処理装置180に搬送して記憶する。

2つの校正目標によってシステム制御コンピュータ63に供給して充分に異なるデータをECB間の回転およびオフセット変化を補正する。3つの校正目標に

よってシステム制御コンピュータ63に供給して充分に異なるデータをECB間の回転、オフセット、スケールファクタ、および直交変化を補正する。さらに第4校正目標を追加することによってECBの各々における台形歪みを補正する。

ECBの厚さ変化は視野の±0.13mm(±0.005インチ)レーザ深さだけ容易に収容する。

めくらビアホールを処理する場合には任意の孔処理ツールに対して困難なチャレンジが待っている。その理由は正確な深さ、直径、および位置決め公差が含まれるからである。即ち、これはめくらビアホールが典型的に第1導電層(例えば、銅、アルミニウム、金、ニッケル、銀、パラジウム、錫、および鉛)を経、1つ以上の誘電体層(例えば、ポリイミド、FR-4樹脂、ベンゾシクロブテン、ビスマルイミドトリアジン、シアノ酸エステル基樹脂、セラミック)を経、第2導電層間でこれを経ないで処理するからである。形成された孔は導電性材料でメッキ処理し第1および第2導電層を電気的に接続する。再び図6を参照し、多重ヘッド位置決め装置150をECBのめくらビアホール装置として構成し、ここにNは2、4、または6のような偶数、好適には4とする。レーザ156Aおよび156CはUVレーザ(波長はほぼ355ナノメータ)とし、レーザ156Bおよび156NはIRレーザ(波長はほぼ1,000ナノメータからほぼ10,000ナノメータまでの範囲、好適には9000ナノメータ)とする。UVおよびIRレーザは充分に異なる波長を有するため、ミラー158および高速段154の光学部品は互いに関連するレーザの波長に対して融通性をもって構成する。

UVレーザ156Aおよび156Cは第1半導体層および誘電体層を好適に切

削することができる。しかし、レーザ電力レベルおよびパルス繰返し比は注意深く制御して第2導電層に対する許容し得ない損傷を防止する必要がある。この結果狭い“プロセス窓”が形成される。これがため、UVレーザ156Aおよび156Cを制御して第1半導体層および誘電体層の位置部分のみを完全に切削して広いプロセス窓を有するプロセスを得ることができる。

IRレーザ156Bおよび156Nは第2導電層を切削または損傷することなく、残りの誘電体層を切削する広いプロセス窓を有する。しかし、第1導電層半

導体層予め処理する必要がある。

ECBめくらビアホール切削装置はUVレーザ156Aおよび156Cを用いて加工片152Aおよび152Cの第1導電層を切削するとともにIRレーザ156Bおよび156Nを用いて加工片152Bおよび152Nの誘電体層を切削する。

めくらビアホールを切削するために多重ヘッド位置決め装置150を用いることは次の好適な処理に従って実施される。例えば、ECB(ECB1、ECB2、…およびECB8)の8加工片バッチが処理されるものとする。好適には、導電層を銅とし、誘電体層をFR-4樹脂とする。

各UVレーザ156Aおよび156Cにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Aおよび152Cの低速段58に未処理EBC1およびEBC2を装着する。加工片校正処理は次のように行う：

低速段56および58並びに高速段154をEBCの校正目標位置に向ける；ビデオカメラ160により指向された目標位置および実際の目標位置間の差を感じて差データを処理用のシステム制御コンピュータ63に供給する；

関連する高速段信号処理装置172のEBCのデータを記憶する。

低速段56および58並びに高速段154目標位置の所定組に位置決めして、UVレーザ156Aおよび156CによってEBC1およびEBC2の第1導電層を目標位置の所定組で切削する。

各IRレーザ156Bおよび156Nにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Bおよび152Nの低速段58に半処理EBC1およびEBC2を

再装着する。

各UVレーザ156Aおよび156Cにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Aおよび152Cの低速段58に未処理EBC3およびEBC4を装着する。

加工片校正処理を行う。

低速段56および58並びに高速段154を、UVレーザ156Aおよび156CによってEBC3およびEBC4の第1導電層を目標位置の所定組で切削するが、IRレーザ156Bおよび156DがEBC1およびEBC2の目標位置

で誘電体層を連続的に切削するように、位置決めを行う。

処理されたEBC1およびEBC2を低速段58から取り外す。

各IRレーザ156Bおよび156Nにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Bおよび152Nの低速段58に半処理EBC3およびEBC4を再装着する。各UVレーザ156Aおよび156Cにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Aおよび152Cの低速段58に未処理EBC5およびEBC6を装着する。

加工片校正処理を行う。

低速段56および58並びに高速段154を、UVレーザ156Aおよび156CによってEBC5およびEBC6の第1導電層を目標位置の所定組で切削するが、IRレーザ156Bおよび156DがEBC3およびEBC4の目標位置で誘電体層を連続的に切削するように、位置決めを行う。

処理されたEBC3およびEBC4を低速段58から取り外す。

各IRレーザ156Bおよび156Nにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Bおよび152Nの低速段58に半処理EBC5およびEBC6を再装着する。

各UVレーザ156Aおよび156Cにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Aおよび152Cの低速段58に未処理EBC7およびEBC8を装着する。

加工片校正処理を行う。

低速段56および58並びに高速段154を、UVレーザ156Aおよび156CによってEBC7およびEBC8の第1導電層を目標位置の所定組で切削するが、IRレーザ156Bおよび156DがEBC5およびEBC6の目標位置で誘電体層を連続的に切削するように、位置決めを行う。

処理されたEBC5およびEBC6を低速段58から取り外す。

各IRレーザ156Bおよび156Nにより処理を行うために、加工片位置決め装置152Bおよび152Nの低速段58に半処理EBC7およびEBC8を再装着する。

加工片校正処理を行う。

低速段56および58並びに高速段154を、IRレーザ156Bおよび156DがEBC7およびEBC8の目標位置で誘電体層を連続的に切削するように、位置決めを行う。

処理されたEBC7およびEBC8を低速段58から取り外す。

8つの加工片のめくらビアホールを切削する処理を完了する。

処理を加工片の現在の処理変化数に適合させることができ、且つバッチの大きさも8に限定されず、EBCの数にも限定されない。

導体層を切削するためにUVレーザ156Aおよび156Cに要する時間は代表的にはIRレーザ152Bおよび152Nが誘電体層を切削するに要する時間よりも長くする。これがため、処理時間が長くなれば処理スループット長くなる。目標位置が多重ツール位置決め装置の全部のツールに対してほぼ同一であれば、UVおよびIRレーザのレーザ電力レベルおよびパルス繰返し比を異ならせることにより異なる処理時間を得ることができる。

ある用途では、ほぼ200mm以下の比較的大きな直径の孔を切削する必要がある。UVレーザ154Aおよび154Cはほぼ20mmのみのビーム直径を有するため、多重ツール位置決め装置150はUVビームをスパイラルまたは円形経路に供給して導体層にかかる孔をあける必要がある。これがため、比較的大きなこれら孔を切削するには比例的に長い時間がかかるようになる。しかし、IRレーザ154Bおよび154Nのビーム直径はほぼ400mmであり、これはU

UVレーザのビーム直径のほぼ20倍である。これがため、これら比較的大きな直径の孔を誘電体層にあける際には、IRレーザビームの少なくともある部分で孔を被覆するが、UVビームはスパイラルまたは円形経路に沿って流れて導体層の孔を切削する。これらの状況の下で、IRレーザビームは比較的長い時間に亘り目標位置にあり、レーザパワーレベルを比較的相違させ且つUVおよびIRレーザのパルス繰返し比をも相違させて異なる効率の処理時間を再び得ることができる。

好適なレーザパワーを得るためにには、好適なパワー分割装置を用いて単一レーザを多重加工片の間で分割させることができる。また、切換え自在の波長を有するレーザを本発明に用いることができること勿論である。

本発明は寸法的および配向変化によって生ずる加工片除去率を減少させながら位置決め精度、位置決め速度、最小または除去停止時間、非パネル化ツール経路、データベース、および処理スループットを著しく改善する最小化高速段移動範囲を組合せることができる。

本発明の諸部分は上述したレーザビームマイクロ機械加工の実現とは相違した用途に用いることもできる。例えば、広範囲のツール単一または多重ヘッド構造を高速位置決め段、例えばマイクロ寸法のドリル、パンチ、レーザ、レーザビーム、放射ビーム、粒子ビーム、ビーム発生装置、顕微鏡、レンズ、光学装置、およびセラミックによって動かすことができる。また、多くの異なる位置決め装置を、ガルバノメータ、ボイスコイル、圧電変換器、ステップモータ、および板ばね位置決め装置を種々の組合せで用いることができる。DSPは完全にデジタル的とする必要はなく、例えば、アナログおよびデジタルサブ回路を好適に組合せることができる。位置決め信号プロフィール、スペクトル帯域幅および振幅、上記フィルタ特性も好適に修正して他の位置決めの要求を満足させることができる。

本発明は上述した例にのみ限定されるものではなく、要旨を変更しない範囲内で種々の変形や変更が可能である。

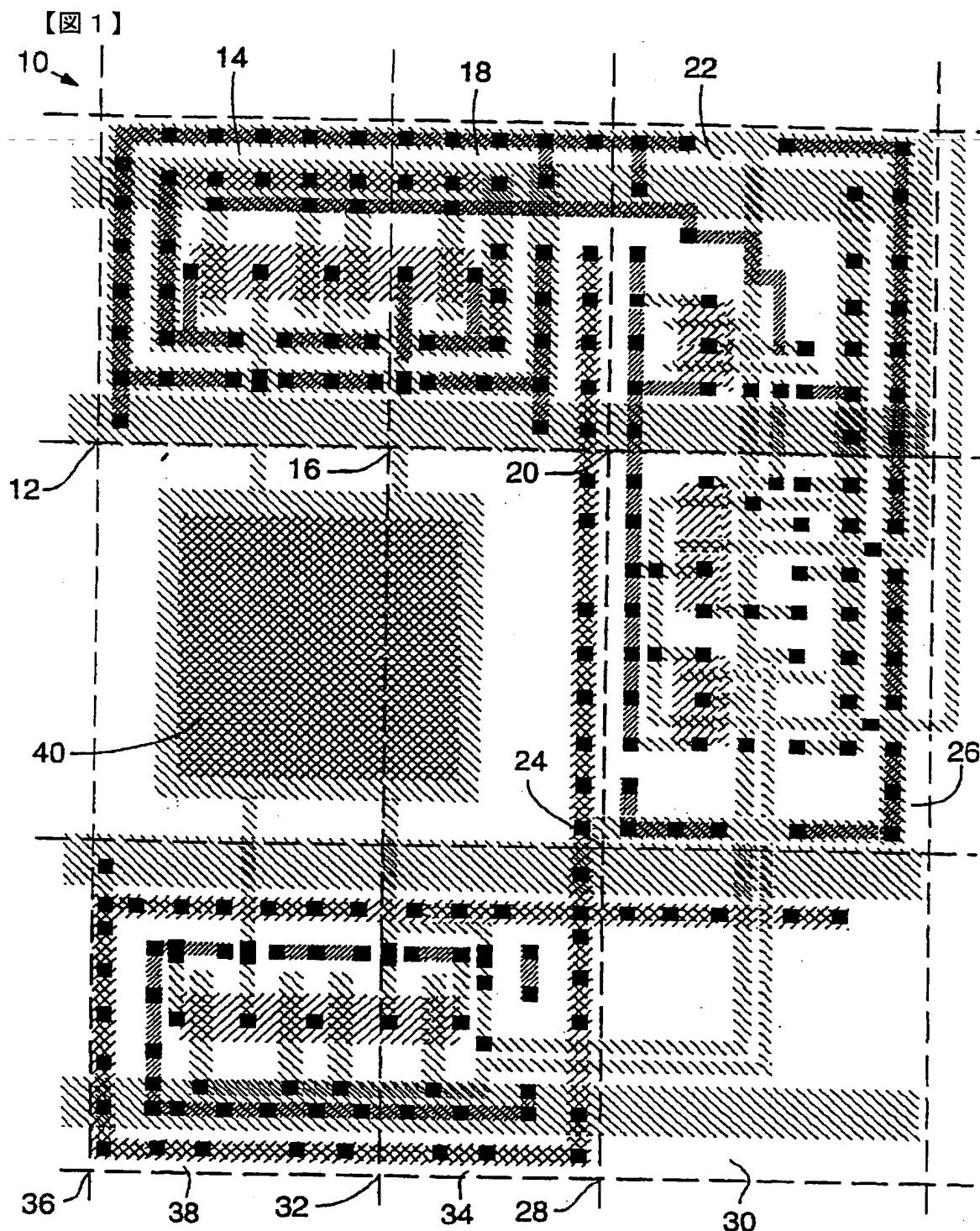
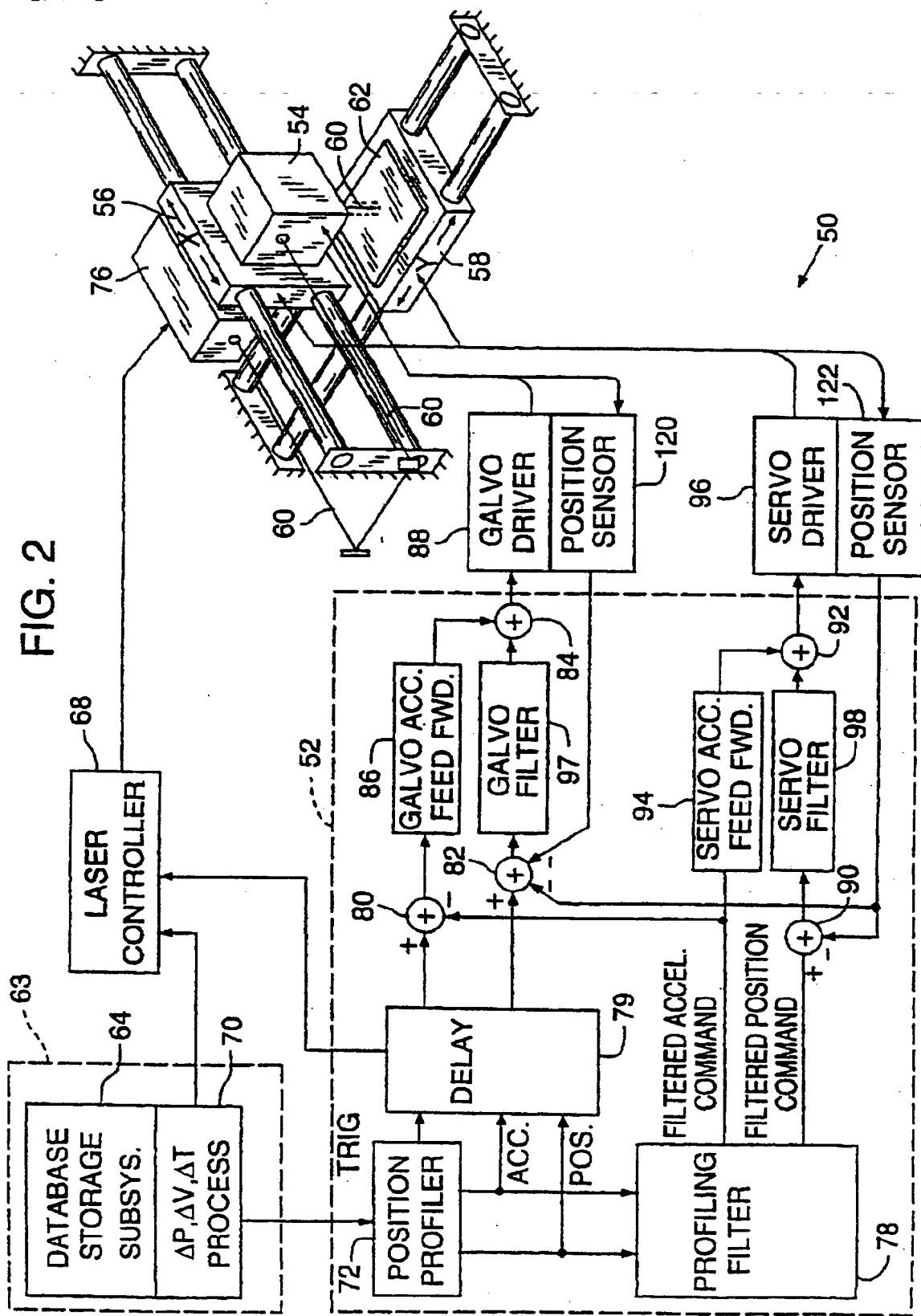


FIG. 1 Prior Art

【図2】



【図3】

FIG. 3A

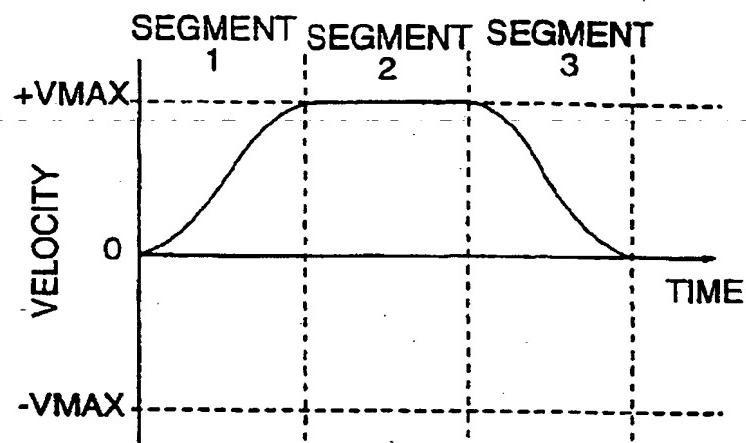
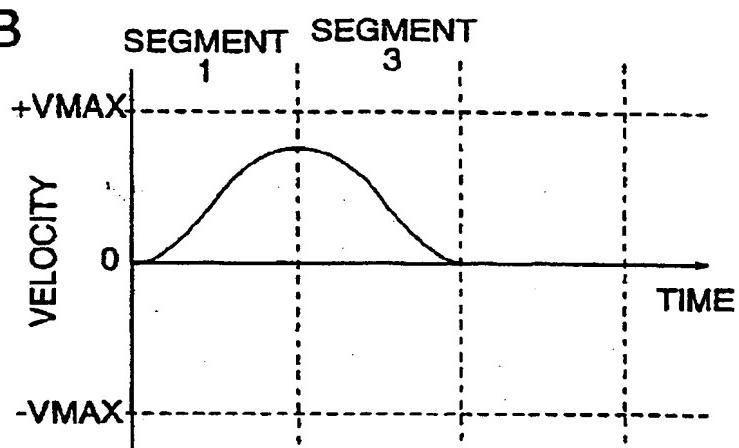
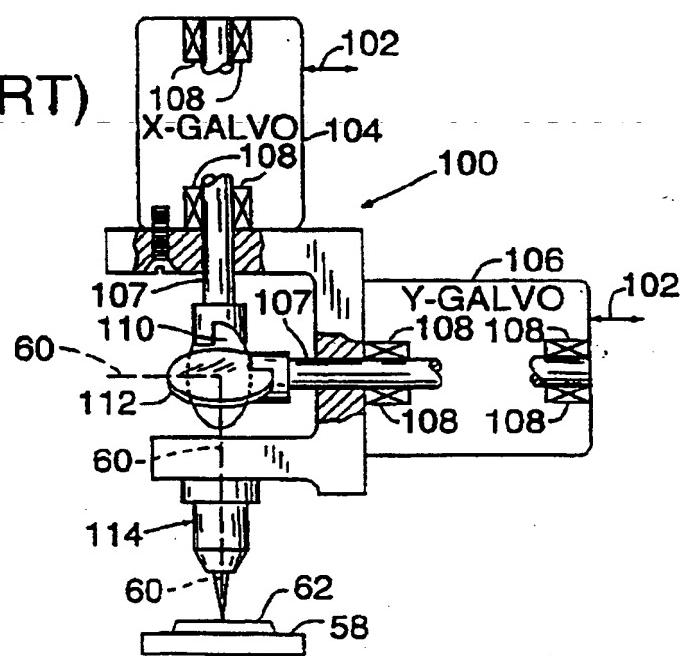


FIG. 3B

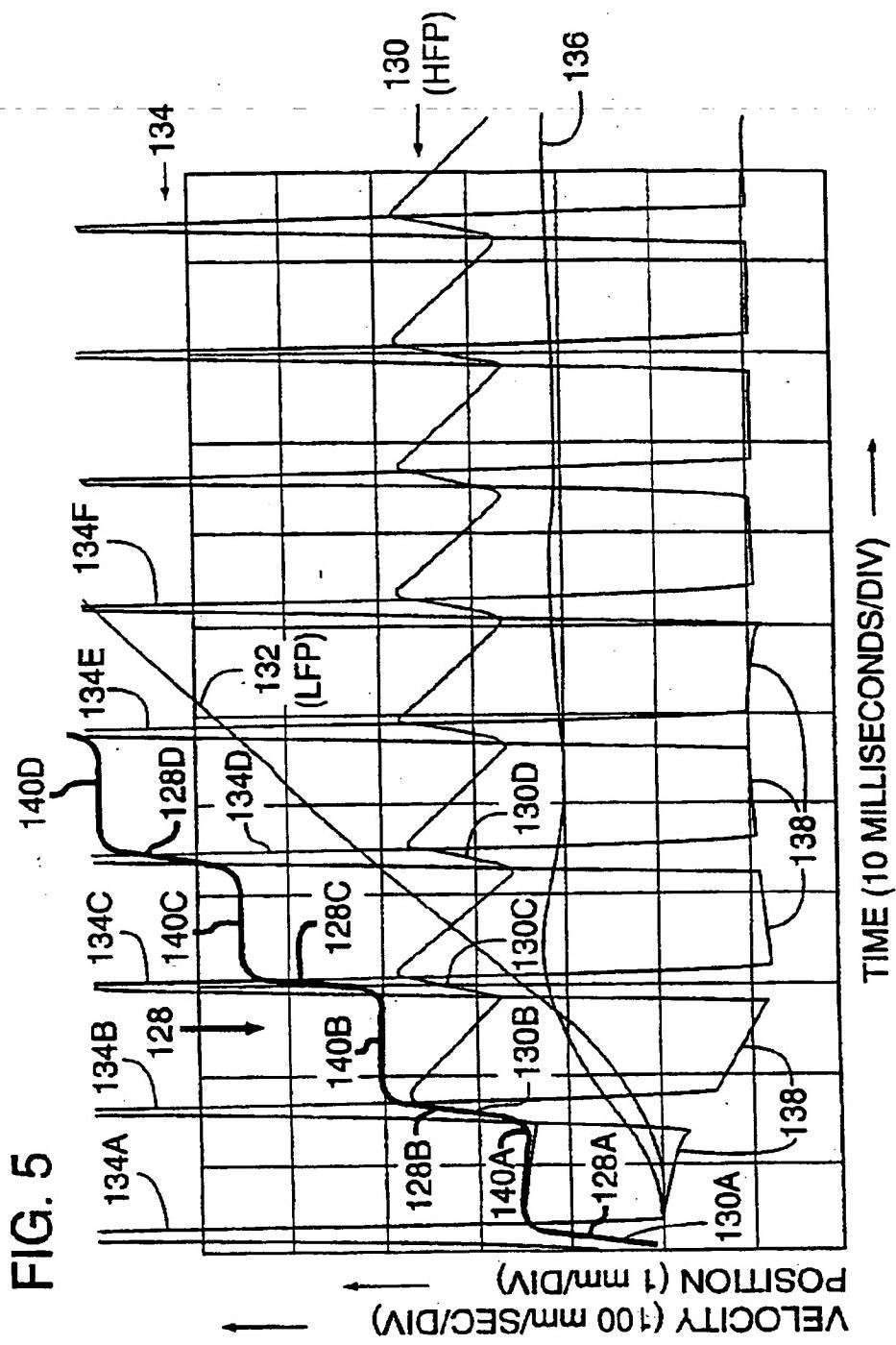


【図4】

FIG. 4
(PRIOR ART)



【図5】



【図6】

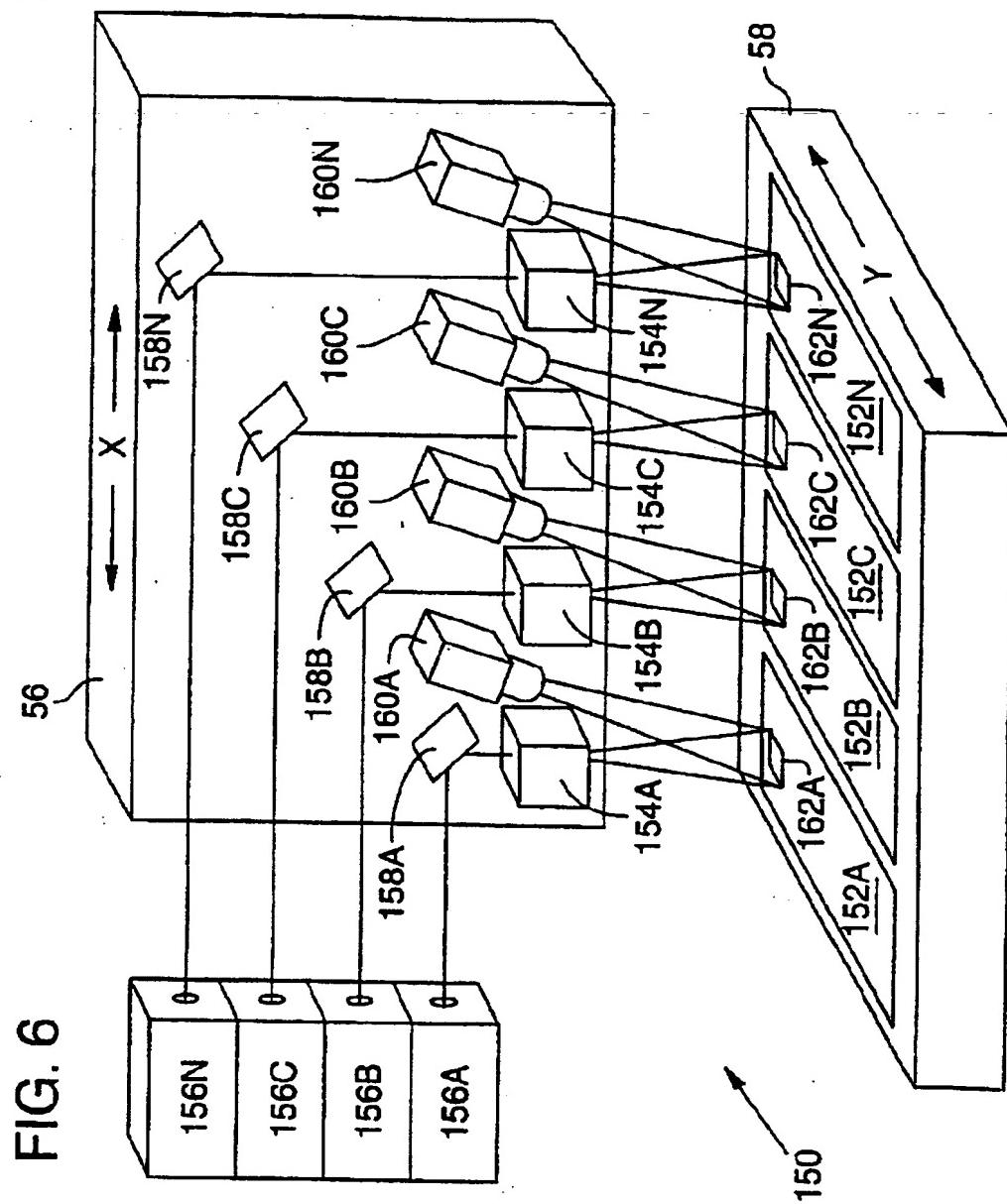
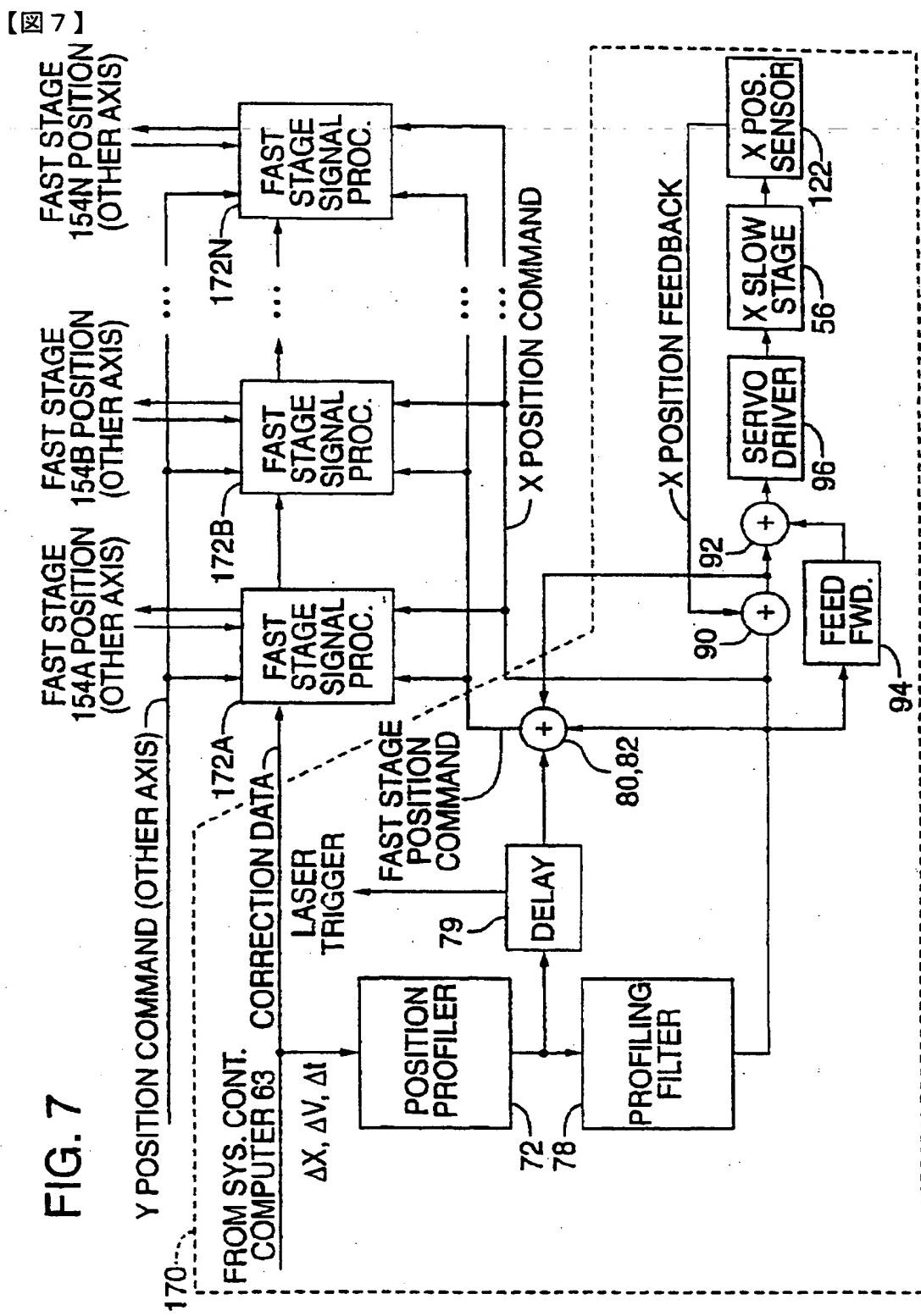
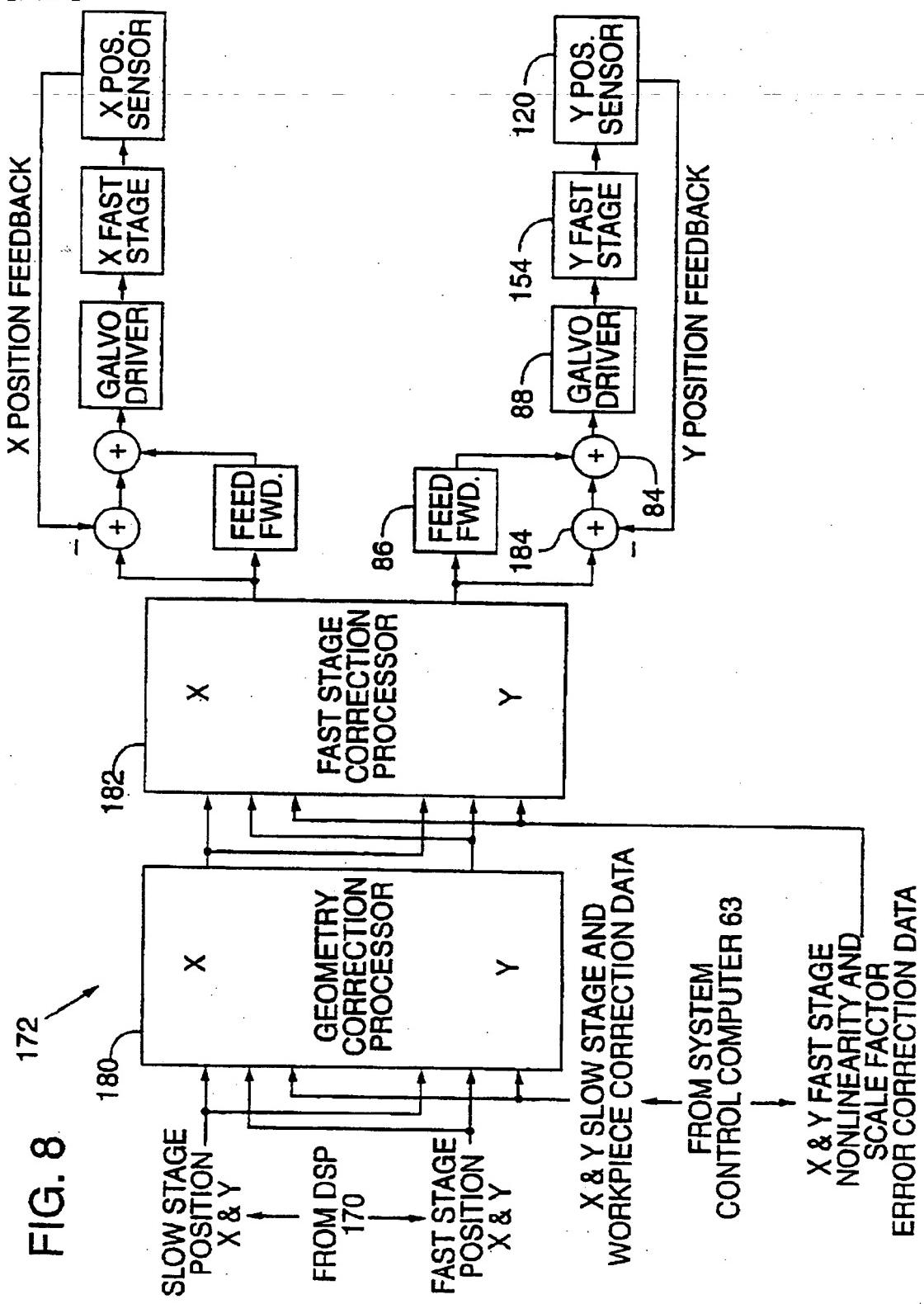


FIG. 7



[図 8]



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 97/03385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G05B19/39

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, Y A	WO 96 29634 A (ELECTRO SCIENT IND INC) 26 September 1996 see the whole document ---	1-13, 15-31 14
Y	US 4 326 824 A (LASERMANN FRANZ ET AL) 27 April 1982 see abstract ---	1,3-6, 13,15, 16,22, 23,26, 28,29
Y	DE 37 14 594 A (LAMBDA PHYSIK GMBH) 10 November 1988 see abstract ---	2,22,26, 28,30 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *'E' earlier document but published on or after the international filing date
- *'L' document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *'T' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

*'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

*'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

*'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

*'Z' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 1997

Date of mailing of the international search report

27.06.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentam 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cornillie, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte: nal Application No
PCT/US 97/03385

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 40 16 088 A (SIEMENS NIXDORF INF SYST) 21 November 1991 see abstract ---	22-27
Y	US 5 126 648 A (JACOBS FRED) 30 June 1992	1,7-13, 17-23,31 29,32-34
A	see column 2, line 12 - line 37 see column 11, line 5 - line 33; figure 8 ---	
A	EP 0 527 248 A (SIEMENS AG) 17 February 1993 see abstract ---	1
A	EP 0 297 360 A (ALLIED SIGNAL INC) 4 January 1989 see abstract ---	2
A	US 4 681 452 A (WATANABE KENICHI) 21 July 1987 see abstract ---	7-10
A	US 4 876 656 A (LEICHT JOHN L ET AL) 24 October 1989 see abstract ---	7-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 192 (P-145), 30 September 1982 & JP 57 101907 A (FUJITSU LTD), 24 June 1982, see abstract -----	7-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

 International Application No
PCT/US 97/03385

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9629634 A	26-09-96	NONE	
US 4326824 A	27-04-82	DE 2739533 A FR 2401741 A GB 2015392 A,B	08-03-79 30-03-79 12-09-79
DE 3714504 A	10-11-88	NONE	
DE 4016088 A	21-11-91	NONE	
US 5126648 A	30-06-92	NONE	
EP 0527248 A	17-02-93	DE 59107735 D	30-05-96
EP 0297360 A	04-01-89	US 4791927 A	20-12-88
US 4681452 A	21-07-87	JP 61110499 A	28-05-86
US 4876656 A	24-10-89	NONE	

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
 DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L
 U, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF
 CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE,
 SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, S
 D, SZ, UG), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ
 MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU
 AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH,
 CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, G
 B, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP
 KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
 LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, N
 Z, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI
 SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US,
 UZ, VN, YU

(72) 発明者 ペイルソープ ロバート エム
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97229 ポ
 ートランド エヌダブリュー オールド
 タウォーリー ロード 12060

(72) 発明者 アンラス マーク エイ
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97006 ア
 ロハ エス ダブリュー トゥーハンドレ
 ッドセカンド テラス 790

(72) 発明者 リチャードソン トーマス ダブリュー
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97006 ビ
 ーヴァートン エヌダブリュー ワンハン
 ドレッドシックスティシックスス 610

(72) 発明者 ケーブル アラン ジェイ
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97006 ビ
 ーヴァートン エヌダブリュー ペイズリ
 ー ドライヴ 16709